

Analisis Pengukuran GPS Untuk Penubuhan Titik Kawalan Ukur Kadestra

Abdul Majid Abdul Kadir, PhD
Sin Sing Tiek

Center for Geodetic and Geodynamics Studies
Fakulti Ukur dan Harta Tanah
Universiti Teknologi Malaysia

Ghazali Desa, MScCE
Department of Geoinformatics
Fakulti Ukur dan Harta Tanah

Abstrak

Dengan perkembangan pesat teknologi satelit, sistem penentuan kedudukan angkasa lepas kini dapat digunakan untuk menggantikan kaedah pengukuran konvensional didalam beberapa bidang ukur. Banyak kajian telah dijalankan terhadap penggunaan teknologi satelit, terutamanya GPS, untuk bidang ukur. Walau bagaimana pun, terlalu sedikit yang telah difokuskan kepada penggunaan GPS untuk ukur kadestra. Tulisan ini melapurkan tentang satu kajian terhadap penggunaan teknik GPS didalam ukur kadestra. Kajian ini merupakan kajian permulaan dengan matlamat untuk meneliti kejituan teknik GPS dan melihat kemungkinan untuk menggunakan teknik ini didalam ukur kadestra. Didalam kajian ini beberapa analisis telah dibuat. Analisis -analisis itu ialah: (1) membandingkan hasil transformasi koordinat MRT (Malayan Revised Triangulation) ke Cassini Soldner secara terus dengan hasil transformasi MRT ke Cassini melalui transformasi RSO (Rectified Skewed Orthomophic); (2) membandingkan azimut yang diperolehi daripada hasil transformasi sepasang koordinat dengan azimut cerapan matahari. Hasil daripada analisis yang dibuat didapati bahawa teknik GPS sesuai digunakan untuk kerja-kerja penubuhan stesyen kawalan kadestra jarak jauh (lebih kurang 13Km) yang berklas dua. Walaupun demikian, beberapa kajian yang lebih terperinci dicadangkan didalam tulisan ini supaya pengukuran GPS untuk ukur kadestra dapat diamalkan dengan lebih berkesan.

1.0 PENGENALAN

Ukur Kadestra di Malaysia dipraktikkan mengikut kaedah dan teknik pengukuran yang berkejituan tinggi serta dikawal melalui peraturan-peraturan yang ketat oleh Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPM) supaya hasil yang diperolehi boleh dipercayai dari segi mutu dan ketepatannya. Walaupun demikian, beberapa proses ukur kadestra di negara ini masih lagi berpegang kepada kaedah dan teknik konvensional.

Dengan berkembang pesatnya teknologi, alat-alat yang digunakan untuk pengukuran kadestra juga mengalami beberapa peringkat perubahan yang sangat ketara. Alat-alat seperti "Total Station" dan teknologi perakam data (Data Recorder Technology) telah mula mengambil peranan yang dulunya didominasi oleh theodolite vernier, pita keluli dan buku kerjaluar. Akan tetapi, perkembangan teknologi yang terkini yang memberikan satu cabaran baru kepada ukur kadestra di Malaysia ialah perkembangan teknologi satelit. Teknologi satelit telah berkembang sejak tahun tujuh puluhan dan kini telah dikatakan mampu menggantikan kaedah pengukuran konvensional di dalam kebanyakan penggunaan bidang ukur (Gerdan, 1991).

Satu daripada contoh teknologi satelit yang banyak digunakan didalam bidang ukur ialah Global Positioning System (GPS) (Hofmann-Wellenhof et.al., 1992). Penentuan kedudukan menggunakan GPS

boleh dibuat secara masa hakiki(real time) dengan berterusan tanpa dipengaruhi oleh keadaan cuaca. Lebih-lebih lagi hasil yang diperolehi berkejituan tinggi serta melibatkan proses kerja yang berkesan. Kaedah pengukuran kinematik Stop/Go (Gerdan,1991) telah berjaya digunakan didalam ukur kadestra di Australia. Daripada kajian yang dilaporkan, perbandingan diantara data GPS dan data pengukuran konvensional didapati hanya berbeza antara 1 hingga 4 sentimeter sahaja. Dan tikaian yang wujud ini memenuhi syarat kelas D ukur kadestra di Australia.

Walau pun usaha telah dibuat bagi menggunakan GPS untuk bidang ukur di Malaysia (Rosly Abdul Kadir et. al.,1992), penekanan terhadap penggunaan teknologi GPS untuk ukur kadestra masih belum lagi mendapat perhatian yang meluas. Kajian yang dilaporkan didalam kertas ini boleh dianggap sebagai satu kajian peringkat permulaan dan cuba menjawab dua persoalan pokok:- (a) bolehkah hasil pengukuran dengan menggunakan kaedah statik GPS digunakan untuk menggantikan teknik pengukuran kadestra konvensional yang diamalkan sekarang bagi menubuhkan titik kawalan?; dan (b) adakah hasil transformasi koordinat geografikal MRT ke Cassini Soldner yang tidak melalui RSO akan memberikan kejituan yang lebih baik berbanding dengan kaedah yang dipraktikkan sekarang?

Didalam kertas ini, seksyen DUA menerangkan kaedah yang telah digunakan bagi menganalisis data daripada pengukuran GPS. Seksyen ini dibahagikan kepada dua perkara iaitu transformasi koordinat dan teknik-teknik analisis. Transformasi koordinat menyentuh tentang perkara pokok tentang aliran pemprosesan data GPS sehingga ianya boleh digunakan untuk menubuhkan titik-titik kawalan ukur kadestra. Sumber-sumber data disentuh didalam sub-seksyen yang bertajuk teknik-teknik analisis. Hasil perhitungan dan analisis kepada hasil yang diperolehi dibincangkan didalam seksyen TIGA. Dan akhir sekali, seksyen EMPAT merumuskan kajian yang telah dilakukan ini serta memberikan beberapa cadangan terhadap beberapa kajian yang perlu dilakukan untuk masa yang akan datang.

2.0 KAEDAH

Seksyen ini dibahagikan kepada dua iaitu transformasi koordinat dan teknik-teknik analisis. Seksyen kecil tentang transformasi koordinat menerangkan tentang jenis-jenis transformasi yang dilakukan untuk mendapatkan koordinat Cassini seperti yang diperlukan didalam ukur kadestra di Semenanjung Malaysia. Manakala didalam seksyen kecil tentang teknik-teknik analisis, disini diterangkan teknik-teknik yang dilakukan untuk menganalisis data yang diperolehi.

2.1 Transformasi Koordinat

Hasil pelarasan jaringan GPS memberikan koordinat Kartesian(X,Y,Z) atau koordinat geodetik (ϕ , λ , h) didalam sistem WGS84. Untuk kegunaan pemetaan dan ukur kadestra di Malaysia, sistem WGS84 ini perlu ditukar kepada sistem MRT(JUPM, 1994) sebelum hitungan koordinat satah dapat dilakukan. Sistem koordinat satah yang dimaksudkan adalah didalam bentuk RSO (Rectified Skew Orthomorphic) dan Cassini Soldner (Maling, 1980; Abdul Majid Kadir et. al., 1976).

Formula yang digunakan untuk menukar sistem WGS84 kepada sistem MRT ialah Model Bursa-Wolf dengan tujuh parameter transformasi (Vanicek and Krakiwsky, 1982). Tujuh parameter ini merangkumi tiga parameter translasi, tiga parameter putaran dan satu parameter skala. Parameter ini dihitung dan diterbitkan oleh Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia(JUPM,1994).

Amalan yang dilakukan sekarang ialah dengan menghitung koordinat Utara dan Timur RSO (U,T) daripada koordinat geodetik MRT (ϕ , λ , h) sebelum ditukarkan kepada koordinat Cassini(U,T). Penukaran MRT kepada RSO dilakukan menggunakan formula-formula yang terdapat didalam buku panduan "Projection Tables for Malaya"(Brazier,1947). Transformasi daripada RSO kepada sistem Cassini atau sebaliknya dibuat berdasarkan kepada persamaan polinomial dengan

parameter-parameter transformasi yang khusus bagi setiap negeri di Semenanjung Malaysia (Sin Sing Tiek, 1993).

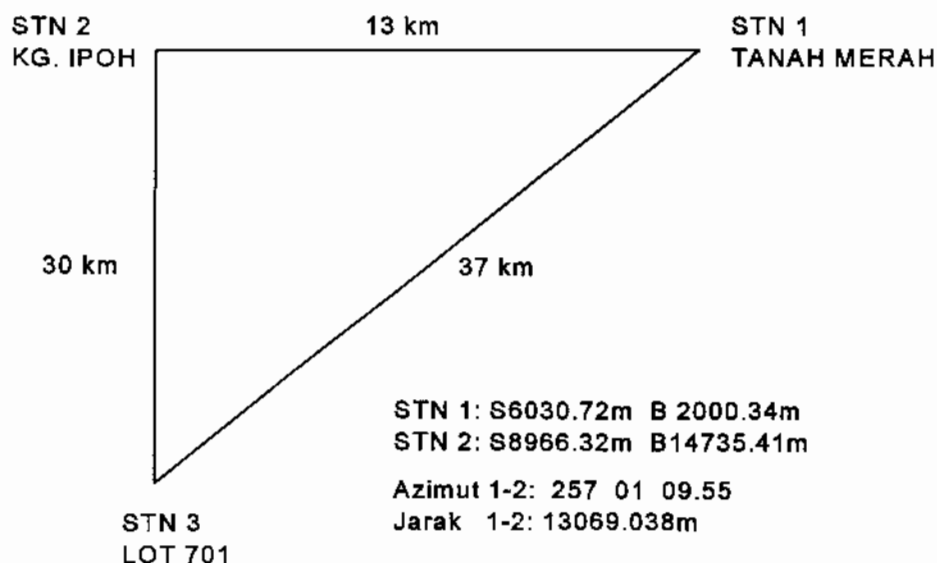
Didalam kajian ini, transformasi langsung daripada MRT kepada Cassini telah dilakukan untuk mengelakkan koordinat Cassini dipengaruhi oleh selisih melalui penggunaan persamaan polinomial (lihat Lampiran I).

2.2 Teknik-Teknik Analisis

Didalam menganalisis pengukuran GPS untuk menubuhkan titik-titik kawalan ukur kadestra, tiga teknik analisis telah digunakan. Teknik-teknik analisis ini bertujuan menganalisis tiga perkara utama yang berkaitan dengan ukur kadestra: (1) tikaian lurus dan anjakan bering; (2) sistem koordinat; dan (3) azimuth.

2.2.1 Tikaian lurus dan anjakan bering

Analisis pertama dibuat dengan membandingkan koordinat Cassini Soldner tempatan yang diperolehi daripada pelan akui dengan koordinat Cassini Soldner hasil transformasi daripada koordinat MRT yang diperolehi daripada GPS. Koordinat MRT yang diperolehi daripada GPS ini mengalami dua bentuk transformasi:- transformasi yang pertama ialah daripada MRT ke RSO dan seterusnya ke Cassini, manakala bentuk yang kedua ialah daripada MRT secara terus ke Cassini Soldner. Data yang digunakan untuk analisis ini diperolehi daripada Projek Penubuhan Stesen GPS di Lot 401, Tanah Merah, Kelantan (Abdul Majid Kadir, 1993). Rajah 1 menunjukkan jaringan GPS, Lot 401, Tanah Merah, Kelantan. Projek ini dijalankan pada 11hb. Mac, 1993. Masa cerapannya ialah diantara jam tiga hingga lima petang dengan bilangan satelit diantara tujuh hingga lapan. Nilai GDOP untuk projek ini ialah kurang daripada tiga. Parameter-parameter pemprosesan dan pelarasan bagi jaringan GPS Lot 401 itu diberikan seperti yang ditunjukkan didalam Jadual I.



Rajah 1: Rangka Jaringan Stesen GPS Lot 401, Tanah Merah, Kelantan.

Jadual I
 Parameter Pemprosesan dan Pelarasan bagi Rangka Jaringan Stesen GPS Lot 401,
 Tanah Merah, Kelantan.

JENIS TUGAS	PARAMETER	DATA
Pemprosesan	Cut-off Angle Model Toposferik Ionosferik Data Yang Digunakan	15 Darjah Model Hopfield Tiada Model Fasa Pembawa L1
Pelarasan	Ellipsoid a 1/F Stesen Kawalan Bilangan Cerapan Bilangan Parameter Darjah Kebebasan	Modified Everest 6377304.063m 300.8017 Stesen 1 9 6 3

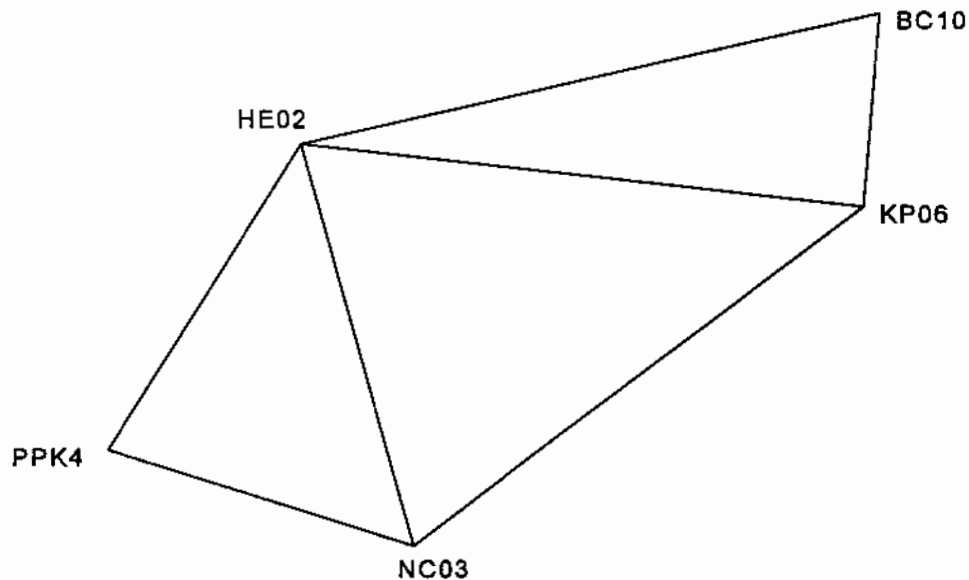
2.2.2 Perbezaan koordinat U(Utara) dan T(Timur)

Analisis kedua ialah dengan membuat perbandingan terhadap hasil transformasi yang diperolehi daripada kedua-dua bentuk transformasi dari segi perbezaan koordinat Utara(U) dan koordinat Timur(T). Didalam analisis ini, data yang digunakan ialah koordinat geografikal MRT untuk stesen-stesen GPS bagi negeri-negeri Johor dan Pulau Pinang. Koordinat-koordinat ini telah diperolehi daripada Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia(JUPM,1994). Koordinat-koordinat MRT untuk stesen-stesen GPS bagi kedua-dua negeri mengalami dua bentuk transformasi seperti yang berlaku pada analisis pertama. Bentuk transformasi yang pertama ialah dari MRT ke RSO dan seterusnya ke Cassini Soldner. Manakala bentuk transformasi yang kedua ialah dari MRT secara terus ke koordinat Cassini Soldner untuk negeri masing-masing.

2.2.3 Perbandingan azimuth

Analisis ketiga dibuat dengan membandingkan azimuth akui yang diperolehi daripada cerapan matahari dengan azimuth kiraan yang diperolehi daripada hitungan sepasang koordinat Cassini Soldner. Koordinat Cassini Soldner yang digunakan untuk menghitung azimuth kiraan merupakan hasil daripada transformasi koordinat geografikal MRT yang diperolehi daripada cerapan GPS. Seperti juga kaedah-kaedah analisis yang dibuat sebelum ini, koordinat geografikal MRT yang digunakan mengalami dua bentuk transformasi. Data yang digunakan untuk analisis ini merupakan hasil cerapan GPS keatas lima titik disekitar kawasan kampus Universiti Teknologi Malaysia (UTM), Skudai, Johor (lihat Rajah 2). Stesen-stesen tersebut telah diceraap selama satu jam setengah dengan menggunakan mod statik. Penerima GPS yang digunakan ialah penerima Ashtech dan penerima Topcon. Stesen kawalan(stesen tetap) yang dipilih ialah stesen BC10 di atas Balai Cerapan, Universiti Teknologi Malaysia.

Data yang diperolehi daripada cerapan selama satu setengah jam itu dipindah kedalam komputer dan disimpan didalam beberapa fail yang tertentu (Sin Sing Tiek,1993). Selepas itu data mentah ini diproses melalui beberapa peringkat yang tertentu. Jadual II menunjukkan peringkat-peringkat pemprosesan data untuk teknik analisis ini.



Stn.	Latitud	Longitud
BC10 : 1	34 11.71762	103 38 40.75171
HE02 : 1	33 29.64522	103 38 13.06823
NC03 : 1	33 13.32770	103 38 17.81728
PPK4 : 1	33 15.88236	103 38 05.27550
KP06 : 1	33 28.09859	103 38 36.26394

Rajah 2: Rangka Jaringan Stesen-Stesen GPS Kampus UTM, Skudai, Johor.

Jadual II
Peringkat-Peringkat Pemprosesan Data GPS.

PERINGKAT	JENIS TUGAS
Peringkat 1	Data yang tersimpan didalam penerima diperturunkan kedalam komputer dengan menggunakan perisian GPS. Kemudian dengan menggunakan GPS, DX,DY,DZ, diantara stesen masing-masing dihitung. Ralat-ralat yang wujud didalam DX,DY,DZ ditapis.
Peringkat 2	Didalam peringkat ini DX,DY dan DZ yang diperolehi daripada peringkat 1 dilaraskan dengan menggunakan GEOLAB. Hasil pelarasan merupakan koordinat geografikal (ϕ , λ , h) dan koordinat kartesian didalam bentuk WGS84.
Peringkat 3	Didalam peringkat ini, koordinat WGS84 yang diperolehi daripada peringkat 2 ditransformasikan kepada koordinat MRT dengan menggunakan atur rancangan komputer WGS84 yang ditulis khas (Sin Sing Tiek, 1993).

Peringkat 4	Diperingkat ini, koordinat MRT yang diperolih daripada peringkat 3 ditransformasikan kepada koordinat Cassini melalui dua bentuk. Yang pertama ialah transformasi koordinat secara terus daripada MRT ke Cassini Soldner dengan menggunakan atur rancangan komputer MRTCS. Manakala yang keduanya ialah transformasi daripada MRT ke RSO dan seterusnya ke Cassini Soldner dengan menggunakan atur rancangan komputer MRTRSO dan RSOCS(lihat Sin Sing Tiek,1993).
-------------	---

3.0 HASIL & ANALISIS

3.1 Analisis Tikaian Lurus dan Bearing(Lot 401,Tanah Merah)

Jadual III ialah hasil hitungan koordinat bagi stesyen 2 dengan menggunakan bentuk transformasi yang pertama. Jadual IV pula menunjukkan hasil hitungan koordinat bagi stesyen 2 dengan menggunakan transformasi bentuk kedua. Perbandingan tikaian lurus dan bearing bagi kedua-dua bentuk transformasi itu ditunjukkan didalam Jadual V.

Jadual III

Transformasi MRT ke RSO ke Cassini Soldner
(Stesen 1 ialah stesen tetap dan koordinat dari pelan akui didalam kurungan)

STESEN	KOORDINAT	BACAAN
1	Geografikal	Lat 5 50 21.7748 Long 102 09 33.2188
	Cassini Soldner	S6030.72m B2000.34m
2	Geografikal	Lat 5 48 46.0947 Long 102 02 39.1996
	Cassini Soldner	S8968.16 (S8966.32)m B14735.67 (B14735.41)m

Jadual IV

Transformasi MRT ke Cassini Soldner
(Stesen 1 ialah stesen tetap dan koordinat dari pelan akui didalam kurungan)

STESEN	KOORDINAT	BACAAN
1	Geografikal	Lat 5 50 21.7748 Long 102 09 33.2188
	Cassini Soldner	S6030.72m B2000.34m
2	Geografikal	Lat 5 48 46.0947 Long 102 02 39.1996
	Cassini Soldner	S8968.37 (S8966.32)m B14735.64 (B14735.41)m

Jadual V
 Hitungan Tikaian Lurus dan Tikaian Bering.

	TRANSFORMASI MRT-RSO-CASSINI	TRANSFORMASI MRT-CASSINI
Perbezaan Koordinat Stesen 2	$8966.32-8968.16=-1.84$ $14735.41-14735.67=-0.26$	$8966.32-8968.37=-2.05$ $14735.41-14735.64=-0.23$
Selish tutup garisan 1-2	1.86m	2.06m
Tikaian Lurus garisan 1-2	1 : 7027	1 : 6336
Tikaian Bering	0 00 27.31	0 00 24.91
Had Anjakan Yang Dibenarkan	3.921m	3.921m
Jumlah Anjakan	1.804m	1.647m

Bedasarkan kepada hasil hitungan yang ditunjukkan pada Jadual III , IV dan V tentang kedua-dua jenis transformasi itu bahawa teknik GPS sesuai untuk digunakan didalam penubuhan titik kawalan kadestra kelas II. Dakwaan ini dibuat dengan melihat kepada tikaian lurus dan anjakan bering yang diperolih daripada hasil hitungan(Jadual V). Tikaian lurus daripada kedua-dua bentuk transformasi melebihi 1:4000 dan ini sudah lebih memadai untuk keperluan atau syarat ukur kadestra kelas II. Manakala anjakan bering yang wujud terletak diantara 10 hingga 30 saat. Sekiranya semakan dibuat diteruskan dengan menggunakan syarat semakan tanam pastian didapati anjakan jarak yang wujud lebih kecil daripada had anjakan yang dibenarkan.

3.2 Analisis Perbandingan Koordinat U dan T(JUPM,1994)

Jadual VI menunjukkan hasil transformasi dimana didalam jadual ini diberikan hasil hitungan koordinat Cassini bagi bentuk transformasi pertama(MRT-RSO-Cassini) dan bentuk kedua(MRT-Cassini). Diberikan juga perbezaan antara kedua-dua koordinat yang telah dihitung. Jadual VI tadi menunjukkan hasil transformasi koordinat bagi negeri Johor manakala Jadual VII pula menunjukkan hasil transformasi bagi negeri Pulau Pinang. Jadual VIII menyenaraikan RMS(root mean square) bagi setiap negeri di Semenanjung Malaysia.

Jadual VI
Hasil Transformasi Negeri Johor.

	KOORDINAT CASSINI (MRT - RSO - Cassini)		KOORDINAT CASSINI (MRT - Cassini)		Perbezaan	
	U(m)	T(m)	U(m)	T(m)	$\Delta U(m)$	$\Delta T(m)$
13DJ	-23753.171	8810.102	-23752.585	8811.134	-0.586	-1.032
DOP2	-73651.277	5241.864	-73650.494	5243.196	-0.781	-2.052
GP15	2511.548	-111719.115	2506.424	-111714.913	5.124	-4.203
GP16	9830.763	-91981.746	9827.012	-91979.326	3.751	-2.406
GP43	61825.243	24263.779	61823.486	24260.352	1.758	3.428
GP44	47792.842	-55063.000	47790.324	-55063.505	2.520	0.504
GP47	38288.636	-69779.121	38288.005	-69778.695	0.633	-0.422
GP48	-7336.088	-69763.335	-7338.885	-69760.819	2.797	-2.516
GP49	-46052.888	-40135.810	-46053.700	-40132.523	0.813	-3.285
GP50	-54743.729	-18392.071	-54743.626	-18389.394	-0.105	-2.676
GP51	-45181.261	11811.676	-45180.455	11813.237	-0.809	-1.562
GP52	-74380.738	78657.468	-74379.320	78656.957	-1.414	0.516
GP53	-26351.871	37445.773	-26349.992	37446.003	-0.879	-0.230
GP54	-12942.644	59345.282	-12939.238	59343.728	-3.405	1.555
GP55	4118.947	36523.211	4120.649	36522.023	-1.702	1.188
GP56	38597.169	34729.889	38597.563	34726.810	-0.395	3.082
GP57	38355.625	-10710.193	38353.979	-10710.921	1.645	0.728
GP58	8749.744	-14810.318	8748.840	-14809.937	0.904	-0.382
GP59	-7631.726	-37032.724	-7633.141	-37031.223	1.415	-1.500
GP60	-17476.498	-18044.099	-17477.031	-18042.648	0.533	-1.451
GP61	16207.113	-40964.712	16205.214	-40964.089	1.899	-0.621
GP84	-20448.112	-68864.574	-20450.773	-68861.280	2.662	-3.289
GP85	-14769.167	-91766.776	-14773.225	-91762.518	4.058	-4.258
GP90	-12388.959	61526.751	-12385.377	61525.014	-3.586	1.734
GP91	-18055.327	14578.295	-18054.548	14578.969	-0.777	-0.674
J416	-64219.997	23622.609	-64219.007	23624.085	-0.988	-1.477
TD01	-79339.877	-13357.255	-79339.128	-13354.429	-0.750	-2.826
TG04	36618.409	-106006.150	36615.065	-106004.710	3.344	-1.438
TG05	67425.140	-71410.895	67422.754	-71410.777	2.383	-0.125
TG07	-40497.167	57081.764	-40494.555	57081.676	-2.613	0.090
TG09	46600.700	8610.224	46599.292	8608.453	1.406	1.771
TG10	-64596.008	57045.591	-64594.420	57045.995	-1.586	-0.406
TG19	-63427.692	-33903.488	-63427.796	-33899.876	0.105	-3.613

Jadual VII
 Hasil Transformasi Negeri Pulau Pinang.

	KOORDINAT CASSINI (MRT - RSO - Cassini)		KOORDINAT CASSINI (MRT - Cassini)		Perbezaan	
	U(m)	T(m)	U(m)	T(m)	$\Delta U(m)$	$\Delta T(m)$
P282	-28005.469	15631.052	-28006.891	15629.877	1.422	1.175
P283	-17143.824	8446.793	-17144.954	8446.264	1.129	0.529
P288	12298.016	3753.867	12298.513	3753.819	-0.497	0.048
P314	70.890	-32.821	70.903	-32.939	-0.013	0.118
TG33	-31228.592	22053.102	-31230.102	22051.574	1.510	1.428
TG36	-5403.018	-6603.996	-5403.030	-6604.146	0.012	0.150

Jadual VIII
 Senarai RMS Bagi Setiap Negeri,
 Semenanjung Malaysia.

NEGERI-NEGERI DI SEMENANJUNG M'SIA	RMS	
	$\Delta U(m)$	$\Delta T(m)$
JOHOR	2.178	2.116
KEDAH dan PERLIS	1.834	1.799
KELANTAN	2.260	0.412
MELAKA dan N. SEMBILAN	1.169	0.665
PAHANG	1.631	0.966
PULAU PINANG	0.985	0.789
SELANGOR	1.301	0.394
TERENGGANU	1.610	0.383
PERAK	1.935	0.554

Hasil transformasi koordinat daripada sistem MRT kepada sistem Cassini secara terus didapati lebih jitu jika dibandingkan dengan hasil transformasi koordinat daripada sistem MRT kepada sistem RSO dan seterusnya kepada sistem Cassini. Keadaan ini terjadi disebabkan berlakunya erotan. Transformasi bentuk pertama cuma mengalami sekali erotan sahaja manakala bentuk yang kedua mengalami dua kali erotan iaitu semasa transformasi koordinat daripada sistem MRT kepada sistem RSO dan daripada sistem RSO kepada sistem Cassini.

Memandangkan kepada perbezaan(selisih) koordinat yang wujud akibat daripada dua bentuk transformasi yang berlainan untuk negeri-negeri di Semenanjung Malaysia, didapati bahawa stesyen-stesyen GPS dinegeri Pulau Pinang memberikan selisih koordinat Cassini yang lebih kecil dan stabil jika dibandingkan dengan stesyen-stesyen GPS bagi negeri Johor. Sekiranya dibuatkan anggapan bahawa hasil transformasi secara terus daripada MRT kepada Cassini memeberikan kejituan yang lebih tinggi, disini boleh dibuat kesimpulan bahawa faktor penukaran koordinat

yang digunakan oleh persamaan linear bagi negeri Johor kurang jitu jika dibandingkan dengan negeri Pulau Pinang. Dari Jadual VIII, jelas bahawa negeri-negeri yang besar(Johor, Kelantan, Pahang dan lain-lain) menunjukkan nilai rms yang lebih besar jika dibandingkan dengan negeri-negeri yang lebih kecil seperti Pulau Pinang dan Melaka.

3.3 Analisis Azimut dan Jarak(Jaringan GPS,Kampus UTM, Skudai)

Jadual IX menunjukkan koordinat Cassini bagi lima stesyen hasil daripada transformasi(MRT-RSO-Cassini) dan transformasi(MRT-Cassini). Jadual X, XI dan XII hasil perbandingan azimut dan jarak antara stesyen yang terdapat didalam jaringan yang ditunjukkan didalam rajah 2.

Jadual IX
Hasil Transformasi Koordinat Cassini

STN	KOORDINAT CASSINI			
	MRT-RSO-Cassini		MRT-Cassini	
	U+/S- (m)	T+/B-(m)	U+/S- (m)	T+/B-(m)
BC10	-52267.1442	9301.2224	-52266.3903	9302.9854
HE02	-53559.4624	8445.5010	-53558.7248	8447.3085
NC03	-54060.6767	8592.2089	-54059.9341	8594.1199
PPK3	-53982.2094	8204.6205	-53981.4760	8206.4412
KP06	-53606.9636	9162.5190	-53606.2092	9164.3072

Jadual X
Hasil Perbandingan
Dari Stesyen HP02 Ke Stesyen PPK4

DARI	AZIMUT	JARAK(m)	CATITAN
HP02 - PPK4	209 40 20.0	486.547	Solar Obs. + EDM
	209 40 27.8	486.558	MRT-RSO-CS
	-07.8	-0.011	Selisih
HP02 - PPK4	209 40 20.0	486.547	Solar Obs. + EDM
	209 40 22.1	486.555	MRT-CS
	-02.1	-0.008	Selisih

Jadual XI
Hasil Perbandingan
Dari Steseyen HP02 Ke Stesyen NC03

DARI	AZIMUT	JARAK(m)	CATITAN
HP02 - NC03	163 40 28.0	522.246	Solar Obs. + EDM
	163 40 28.0	522.272	MRT-RSO-CS
	00.0	-0.026	Selisih
HP02 - NC03	163 40 28.0	522.246	Solar Obs. +EDM
	163 40 26.1	522.269	MRT-CS
	01.9	-0.023	Selisih

Jadual XII
 Hasil Hitungan
 Dari Stesyen NC03 Ke Stesyen KP06

DARI	AZIMUT	JARAK(m)	CATITAN
NC03 - KP06	51 29 27.0	728.620	Solar Obs. + EDM
	51 29 27.3	728.694	MRT-RSO-CS
	-00.3	-0.074	Selisih
NC03 - KP06	51 29 27.0	728.620	Solar Obs. + EDM
	51 29 20.7	728.684	MRT-CS
	07.7	-0.064	Selisih

Berdasarkan kepada azimuth dan jarak yang diperolehi daripada cerapan GPS dan Geodimeter(lihat jadual VIII, IX, X dan XI) dapat dirumuskan bahawa perbezaan azimuth dan tikaian jarak yang wujud didalam ketiga-tiga garisan itu adalah kecil. Tikaian lurus pada ketiga-tiga garisan untuk kedua-dua bentuk transformasi memenuhi syarat kelas I ukur kadestra. Tikaian bering juga memenuhi syarat kelas I ukur kadestra kerana nilai tikaian-tikaian yang diperolehi kurang daripada sepuluh (10) saat.

4.0 KESIMPULAN

Penggunaan teknik GPS didalam ukur kadestra memerlukan beberapa kajian yang terperinci lagi sebelum ianya dapat diparktikkan secara meluas. Hasil kajian yang dilapurkan ini merupakan satu langkah awal untuk mengenalpasti beberapa isu berkaitan dengan penggunaan teknik tersebut didalam ukur kadestra. Daripada kajian yang dilakukan dapat disimpulkan bahawa:-

- (a) Teknik GPS didapati sesuai untuk digunakan bagi menubuhkan stesen-stesen kawalan jarak jauh(lebih kurang 13 Km) kelas dua. Berdasarkan pada ketepatan yang diperolehi, teknik GPS telah dapat menjimatkan kos dan masa pengukuran jika dibandingkan dengan kaedah konvensional.
- (b) Berdasarkan pada perbezaan koordinat (ΔU , ΔT) dan rms yang diperolehi daripada kedua-dua hasil transformasi didalam analisis kedua, dapat dikatakan bahawa kejituan faktor penukaran yang digunakan oleh persamaan linear dalam mentransformasikan koordinat dari RSO ke Cassini Soldner dan sebaliknya adalah kurang jitu.
- (c) Hasil transformasi daripada MRT ke Cassini Soldner secara terus akan memberikan kejituan yang lebih baik jika dibandingkan dengan hasil transformasi daripada MRT ke RSO dan seterusnya ke Cassini Soldner. Ini kerana transformasi yang pertama hanya mengalami sekali erotan sahaja berbanding dengan transformasi yang kedua yang mengalami dua kali erotan. Dengan menggunakan GPS untuk kerja-kerja pengukuran, terutamanya bagi kawasan yang tiada kawalan kadestra, koordinat Cassini Soldner boleh didapati dengan lebih mudah dan berkejituan tinggi.

- (d) Untuk jarak yang kurang daripada 800 meter, azimut akui dan jarak yang dihitung (hasil daripada kedua-dua bentuk transformasi koordinat) memenuhi syarat kelas pertama ukur kadestra. Ini bermakna azimut yang diperolehi daripada pengukuran GPS boleh diterima sebagai azimuth akui untuk Pelan Akui.

Walau bagaimapapun, beberapa kajian perlu dilakukan seterusnya bagi memastikan teknik GPS dapat dipraktikkan untuk ukur kadestra diMalaysia. Beberapa kajian lain yang boleh dicadangkan ialah:- (a) mengkaji kejituan azimut dengan membuat lebih banyak lagi cerapan matahari dan jarak untuk jarak-jarak yang melebihi 800 meter ditiap-tiap empat sukuan; (b) menganalisis stesen kawalan yang melebihi 13 Km dengan cerapan GPS yang lebih lama lagi; dan (c) menerbitkan faktor penukaran koordinat yang lebih jitu untuk persamaan linear didalam mentransformasikan koordinat dari RSO ke Cassini Soldner dan sebaliknya.

Penghargaan

Penulis-penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi terima kasih kepada Ketua Pengarah Ukur, Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia kerana telah memberikan kebenaran serta membekalkan data berhubung dengan kajian yang dilaksanakan ini.

RUJUKAN

- Abdul Majid Kadir et. al.,(1976): Map Projection for the National Mapping of Peninsular Malaysia, Working Paper, Ohio State University.
- Abdul Majid Kadir (1993): Establishment of a GPS Station in Lot 401, Tanah Merah, Kelantan, A Consulting Report to Fakulti Ukur & Harta Tanah, Universiti Teknologi Malaysia.
- Brazier, H.H. (1947): A Skew Orthomorphic Projection With Particular Reference to Malaya, Conference of the British Commonwealth Survey Officers.
- Gerdan, G.P. (1991): Rural Cadastral Surveying with the Global Positioning System, The Australian Surveyor, September, Vol.36, No.3.
- Glasscock, J.T.C and K. Kubik (1990): Map Projection Used in South East Asia, The Australian Surveyor, September, Vol. 35 No.3.
- Hofmann-Wellenhof, B. et. al. (1992): Global Positioning System: Theory and Practice, Springer-Verlag Wien, New York.
- JUPM (1994) : GPS Derived Coordinates, Report of the Geodesy Unit, Topographical Section, Department of Survey and Mapping Malaysia.
- Maling, D.H. (1980): Coordinate Systems and Map Projections, George Philip and Son Limited, London.
- Rapp, R.H.(1984): Geometric Geodesy Vol. I, Lecture Notes, Department of Geodetic Science and Surveying, Ohio State University.
- Richardus, P and R.K. Adler (1972): Map Projections for Geodesists, Cartographers and Geographers, North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Rosly Abdul Kadir et. al. (1990): Status Jaringan Kawalan Geodesi di Malaysia, Laporan Pemetaan, Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia.
- Soler, T and L.D. Hothem (1988): Coordinate System Used in Geodesy: Basic Definitions and Concepts, Journal of Surveying Engineering, vol.114, no.2.

Analisis Pengukuran GPS Untuk Penubuhan Titik Kawalan Ukur Kadestra

Sin Sing Tiek (1993): Penggunaan Teknik Global Positioning System(GPS) Dalam Penubuhan Titik Kawalan Bagi Ukur Kadestra, Projek Sarjana Muda Ukur Tanah, Fakulti Ukur & Harta Tanah, Universiti Teknologi Malaysia.

Vanicek, P. and E.J. Krakiwsky (1982): Geodesy: The Concepts, North Holland Publishing Company, Amsterdam.



Dr. Abdul Majid b. Abdul Kadir adalah Prof. Madya di Jabatan Geodesi dan Sains Angkasa. Beliau juga adalah Pengarah Center for Geodetic & Geodynamic Studies, Fakulti Ukur & Harta Tanah, UTM. Dr. Abdul Majid mendapat ijazah Ph.D daripada Finnish Geodetic Institute,

University of Helsinki, Finland di dalam bidang gravimetric Geodesy. Dr. Abdul Majid telah banyak menghasilkan kertas kerja di dalam bidang Ukur GPS.



Ghazali b. Desa menjawat jawatan Prof. Madya di Jabatan Geoinformatik, Fakulti Ukur & Harta Tanah, UTM. Beliau mendapat ijazah M.Sc.CE daripada University of Washington, Seattle, U.S.A. Pengajaran dan penyelidikan beliau tertumpu pada bidang Fotogrametri dan GIS. Minat beliau pada Ukur

GPS tertumpu kepada peranan GPS untuk membantu pembentukan pengkalan data GIS.

LAMPIRAN I

Formula yang digunakan untuk menghitung koordinat Cassini Soldner daripada koordinat geografik (ϕ , λ) adalah seperti berikut (Richardus and Adler, 1972):

$$T = T^o + N(\delta\lambda\cos\phi) - 1/6 N(\delta\lambda\cos\phi)^3 \tan^2 \phi - 1/120 N(\delta\lambda\cos\phi)^5 \tan^2 \phi (8 - \tan^2 \phi)$$

$$U = U^o + S + 1/2 N(\delta\lambda\cos\phi)^2 \tan\phi + 1/24 N(\delta\lambda\cos\phi)^4 \tan\phi (5 - \tan^2 \phi)$$

dimana:

- T^o dan U^o : koordinat origin Timur(T) dan Utara(U)(sistem Cassini) untuk setiap negeri
- T dan U : koordinat Cassini Utara(U) dan Timur(T) untuk titik yang perlu dihitung
- S : jarak arka meridian diatas elipsoid
- N : jejari lengkung pada pugak utama
- $\delta\lambda$: perbezaan longitud diantara titik origin (sistem Cassini) dengan longitud yang diceraap dengan GPS

Jarak arka meridian dihitung dengan menggunakan formula berikut (Rapp, 1984)

$$S = a(1-e^2)\{A(\phi_2-\phi_1) - B/2(\sin 2\phi_2 - \sin 2\phi_1) + C/4(\sin 4\phi_2 - \sin 4\phi_1) - D/6(\sin 6\phi_2 - \sin 6\phi_1) + E/8(\sin 8\phi_2 - \sin 8\phi_1) - F/10(\sin 10\phi_2 - \sin 10\phi_1)\}$$

dimana:

- ϕ_1 : latitud origin sistem Cassini
- ϕ_2 : latitud yang diperolih dari cerapan GPS
- e^2 : eksentrisiti untuk elipsoid Modified Everest

$$A = 1 + (3/4)e^2 + (45/64)e^4 + (175/256)e^6 + (11025/16384)e^8 + (43659/65536)e^{10} + \dots$$

$$B = (3/4)e^2 + (15/16)e^4 + (525/512)e^6 + (2205/2048)e^8 + (72765/65536)e^{10} + \dots$$

$$C = (15/16)e^4 + (105/256)e^6 + (2205/4096)e^8 + (10395/16384)e^{10} + \dots$$

$$D = (35/512)e^6 + (315/2048)e^8 + (31185/131072)e^{10} + \dots$$

$$E = (315/16384)e^8 + (3465/65536)e^{10} + \dots$$

$$F = (693/131072)e^{10} + \dots$$